

Requested Patent: JP60004223A  
Title: ON-LINE MEASURING CONTROL OF OXIDE FILM THICKNESS ;  
Abstracted Patent: JP60004223 ;  
Publication Date: 1985-01-10 ;  
Inventor(s): MATSUBA IKUO; others: 02 ;  
Applicant(s): HITACHI SEISAKUSHO KK ;  
Application Number: JP19830110919 19830622 ;  
Priority Number(s): ;  
IPC Classification: H01L21/316 ; H01L21/66 ;

Equivalents:

**ABSTRACT:**

**PURPOSE:** To facilitate forming an oxide film of the target thickness without dispersion on a wafer by a method wherein the thickness of the oxide film is estimated at a series of time points in accordance with on-line measured data of the thickness and appropriate operation parameters of an oxidizing furnace are determined so as to make the estimated value agree with the target oxide film thickness.

**CONSTITUTION:** In addition to a target oxide film thickness 6 given from the outside, an estimated value 31 of the oxide film thickness is put into an oxide film thickness optimizing control apparatus 4 from an oxide film thickness estimating apparatus 3. Various operating parameters 52 (=12) from an oxidizing equipment 1 and oxide film thickness on-line measured data 21 from an oxide film thickness measuring apparatus 2 are put into the oxide film thickness estimating apparatus 3. An interference light 11 from a wafer surface is put into the oxide film thickness measuring apparatus 2. When a target oxide film thickness 6 is given, the on-line measured value of the oxide film thickness is determined by the oxide film thickness measuring apparatus 2 and the oxide film thickness is estimated at a series of time points by the oxide film thickness estimating apparatus 3 from on-line measured data of the oxide film thickness and moreover, the most appropriate operating parameters are determined by the oxide film thickness optimizing control apparatus 4 according to the estimated oxide film thickness and a controller 5 controls the oxidizing equipment 1 according to the most appropriate operating parameters 51.

⑯ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭60—4223

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>  
H 01 L 21/316  
21/66

識別記号

庁内整理番号  
7739—5F  
6851—5F

④ 公開 昭和60年(1985)1月10日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑭ 酸化膜厚のオンライン計測制御方式

式会社日立製作所システム開発  
研究所内

① 特 願 昭58—110919

② 発 明 者 吉見武夫

② 出 願 昭58(1983)6月22日

小平市上水本町1450番地株式会  
社日立製作所武蔵工場内

⑦ 発 明 者 松葉育雄

⑩ 出 願 人 株式会社日立製作所

川崎市麻生区王禅寺1099番地株  
式会社日立製作所システム開発  
研究所内

東京都千代田区神田駿河台4丁  
目6番地

⑦ 発 明 者 松本邦顕

④ 代 理 人 弁理士 高橋明夫 外1名

川崎市麻生区王禅寺1099番地株

明 細 書

発明の名称 酸化膜厚のオンライン計測制御方  
式

特許請求の範囲

半導体製造プロセスの酸化工程において、酸化  
炉内のウェハ上に形成された酸化膜厚をオンライ  
ンで計測し、計測結果に基づき酸化膜厚推定モデ  
ルにより時系列的に酸化膜厚を推定し、さらには、  
その推定酸化膜厚に基づき酸化膜厚最適制御モデ  
ルにより目標酸化膜厚を得るように酸化炉の温度、  
ボートの挿入速度、ガスの流量、酸化処理時間を  
決定することを特徴とする酸化膜厚のオンライン  
計測制御方式。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は半導体製造プロセスの酸化膜厚制御方  
式に関し、特に酸化膜厚のオンライン計測データ  
に基づき、ウェハ上にばらつきなく常に設計等で  
定められた値で酸化膜厚を形成する酸化膜厚のオ  
ンライン計測制御方式に関する。

〔発明の背景〕

従来、酸化工程において、酸化膜厚をオンライ  
ンで計測し、さらに制御しようとする試みはなく、  
全くのノウハウにより酸化処理を行っていた。し  
かし、このようなノウハウによると、酸化時間を  
短かくすることによりスループットを上げること  
も出来ず、また酸化膜厚を目標値にすることも必  
ずしも出来ない。この結果、半導体製品の品質劣  
化を引き起こすことになる。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、酸化膜厚のオンライン計測デ  
ータに基づき、時系列的に酸化膜厚を推定し、さ  
らにその酸化膜厚の推定値を目標の酸化膜厚にな  
るように酸化炉の温度、ボートの挿入速度、ガス  
の流量、酸化処理時間等の諸操作量を決定する制  
御方式を提供することにある。

〔発明の概要〕

上記の目的を達成するため本発明では、酸化膜  
厚の時間発展方程式を酸化炉の温度、ボートの挿  
入速度、ガスの流量などの諸操作量の線型関数と

して表わし、オンラインで計測された酸化膜厚データに基づいてカルマン・フィルターにより時系列的に酸化膜厚を推定し、その推定値を目標酸化膜厚にするための上記の諸操作量の最適値を決定する点に特徴がある。

〔発明の実施例〕

第1図は本発明による一実施例を示す酸化膜厚のオンライン計測制御装置の全体構成図である。第1図において、1は酸化装置を示し、コントローラー5でP.I.D.(比例、積分、微分)制御によりフィードバック制御される。コントローラー5へ与える諸操作量41は以下に述べるように、目標酸化膜厚6が入力されたときに最適な操作量を決定する酸化膜厚最適制御装置4で設定される。酸化膜厚最適制御装置4には、外部から与えられる目標酸化膜厚6の他、酸化膜厚推定装置3から酸化膜厚推定値31が入力される。酸化膜厚推定装置3には、酸化装置1からの諸操作量52(=12)と、酸化膜厚計測装置2からの酸化膜厚オンライン計測データ21が入力される。酸化膜厚

計測装置2にはウェハ表面からの干渉光11が入力される。

以上のように、目標酸化膜厚6が与えられると、酸化膜厚計測装置2で酸化膜厚のオンライン計測値を設定し、酸化膜厚推定装置3では酸化膜厚オンライン計測データから時系列的に酸化膜厚を推定し、さらに、酸化膜厚最適制御装置4ではその酸化膜厚推定値に基づいて最適な諸操作量を決定し、コントローラー2にわたす。その最適操作量51に基づいて酸化装置1を制御する。

第2図はコントローラー5による酸化装置の制御の具体例を示す。ボート110上に載せられた多数のウェハの内、両端のダミーウェハ108は製品としては不良となることが分つているので、均熱帯における良品のウェハ109上の酸化膜厚を計測する必要がある。そこで、ダミーウェハ108に小孔を明け、均熱帯のウェハ表面からの干渉光11は取り出し、酸化膜厚計測装置2で、その干渉光11から酸化膜厚を求める。酸化炉107の加熱温度は熱電対の温度計測データ103

に基づいてヒータ電源101をP.I.D.制御することにより得られる。ボートの挿入速度は速度の計測データ104に基づいてモータ電源103をP.I.D.制御することにより得られる。ガスの流量は流量の計測データ106に基づいてバルブ105をP.I.D.制御することにより得られる。

第3図は酸化膜厚推定装置3の詳細な構成図である。酸化膜厚の時間変化を表わす微分方程式を次のように表わす。

$$\frac{d}{dt} Z(t) = f(Z, T_r, V, Q) + \epsilon_1 \quad \dots\dots(1)$$

ここに、

$t$  ; 時間

$Z$  ; 酸化膜厚

$T_r$  ; 酸化炉の温度

$V$  ; ボートの挿入速度

$Q$  ; ガスの流量

$f$  ; 関数

$\epsilon_1$  ; 雑音あるいはモデル誤差

一般に関数  $f$  は非線型となるが、ある定められ

た値、たとえば目標酸化膜厚の近傍においては関数  $f$  を線型化した方程式を使うことができる。このような近似のもとに、(1)式を書き直すと次のようになる。

$$\frac{d}{dt} Z = a_0 + a_1 Z + a_2 T_r + a_3 V + a_4 Q + \epsilon_1 \quad \dots\dots(2)$$

ここに、係数  $a_0 \sim a_4$  は(1)式を線型化したことにより導出されたものであり、実験等により定めるべき係数である。適当な変数変換で係数  $a_0$  を消去することができるので、以下では  $a_0 = 0$  とおくことにする。(2)式をまとめて次のように書く。

$$\frac{d}{dt} Z = A \cdot Z + B \cdot u + \epsilon_1 \quad \dots\dots(3)$$

ここに、 $A = a_1$  ,  $B = [a_2, a_3, a_4]^T$  ,  $u = [T_r, V, Q]^T$  である。次に、ウェハ表面に形成された酸化膜厚の計測過程は次のようになる。

$$Y(t) = Z(t) + \epsilon_2 \quad \dots\dots(4)$$

ここに、 $y(t)$ は酸化膜厚の計測値、 $\varepsilon_2$ は計測過程にともなう誤差などの雑音を表わす。計測値 $y$ を得て、 $Z$ を推定する方法はいわゆるカルマン・フィルターを用いることにより行なわれる。酸化膜厚 $Z$ の推定値 $\hat{Z}$ とすると、 $\hat{Z}$ の満たすべき方程式は次のようになる。

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \hat{Z} &= A \hat{Z} + B u + P(t) W^{-1} \{ y - \hat{Z} \} \\ \frac{d}{dt} P &= 2 A P + U - W^{-1} P^2 \quad \dots\dots\dots(5)\end{aligned}$$

ここに、 $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$ はそれぞれ平均値が0で、分散が $W$ 、 $U$ のガウス分布をした白色雑音とする。

第3図は(5)式で表わされるカルマン・フィルターの詳細な構成図を示す。21はオンラインで計測した酸化膜 $y$ 、52は操作量、301は上記の微分方程式を解く積分器である。

次に、酸化膜厚推定値 $\hat{Z}$ に基づき、最適な操作量を決定するアルゴリズムを示す。目標の酸化膜厚 $Z^*$ を得るため、次式のような評価関数を導入する。

$$J = E \left\{ \int_0^T (h_x \cdot (\hat{Z}(t) - Z^*)^2 + h_u u^2) dt \right\} \quad \dots\dots\dots(6)$$

ここに、 $E$ は雑音に対する平均値で、 $h_x$ 、 $h_u$ は適当な定数であり、 $T$ は処理時間である。上式を最小化することにより最適操作量が次のように求まる。

$$\begin{aligned}u^0 &= -G(t) \cdot (\hat{Z}(t) - Z^*) \\ G &= h_u^{-1} \cdot B \cdot H \\ \frac{dH}{dt} &= -2AH + h_u^{-1} \cdot B^2 H^2 - h_x \quad \dots\dots\dots(7)\end{aligned}$$

第4図は(7)式で表わされる最適操作量を決定する装置の詳細な構成図を示す。401は酸化膜厚推定量31と目標酸化膜厚の差4011を計算する。402では、あらかじめオフラインで計算しておいた $H$ すなわち $G$ をテーブル等の形で保存し、4011を用いて最適操作量 $u^0$ を計算する。

〔発明の効果〕

以上に述べたように、本発明によれば、ウェハ表面に形成された酸化膜厚を光干渉計等で直接オ

ンラインで計測し、カルマン・フィルターを用いて時系列的に酸化膜厚を推定し、さらにその酸化膜厚推定値に基づいて、目標の酸化膜厚を得るため酸化炉の温度、ポートの速度、ガスの流量などの最適な値を求めることができる。従来は、酸化膜厚は酸化処理後でないと分からなかつたため、試行錯誤的に諸操作量を決定してきた。このため、酸化膜厚に大きなばらつきを生じさせ、半導体製品の歩留りを低下させた。本発明はこのような欠点を改善し、ばらつきなく酸化膜厚を得ることができ、歩留りを大きく向上させる効果を有する。

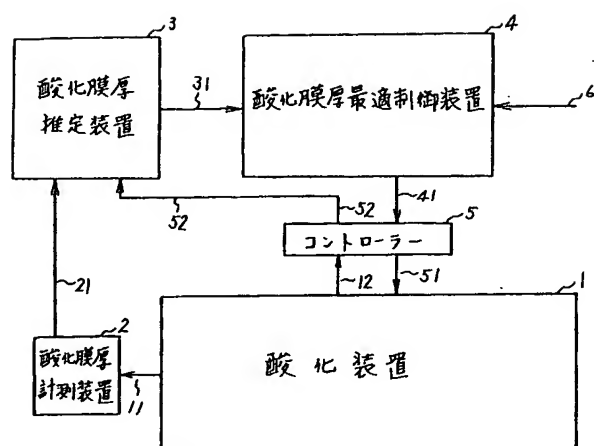
図面の簡単な説明

第1図は本発明による一実施例の全体構成図、第2図は酸化炉の制御装置を示す図、第3図は酸化膜厚推定装置を示す図、第4図は最適操作量決定装置を示す図である。

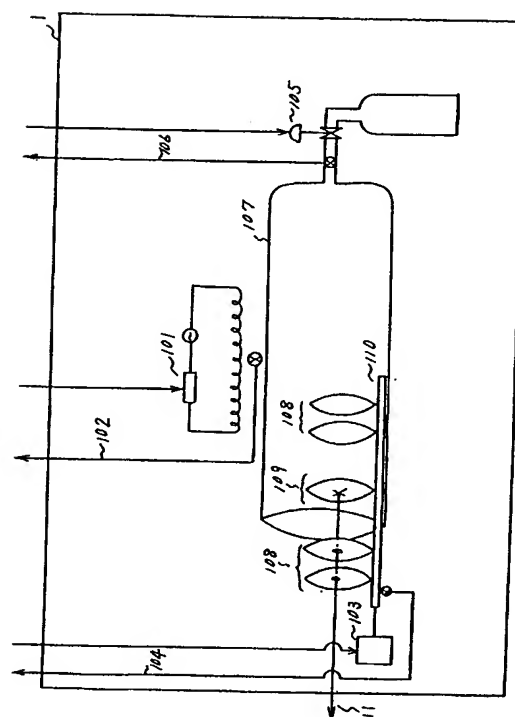
4…酸化膜厚最適制御装置。

代理人 弁理士 高橋明夫

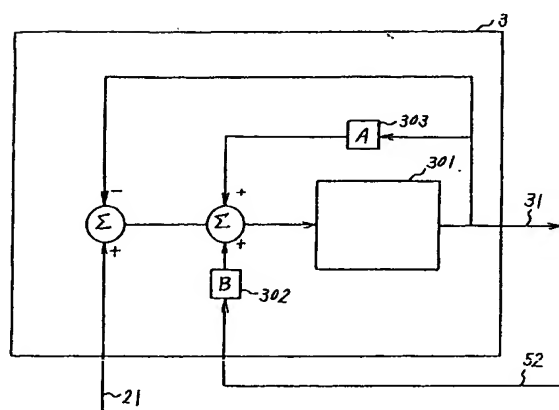
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

